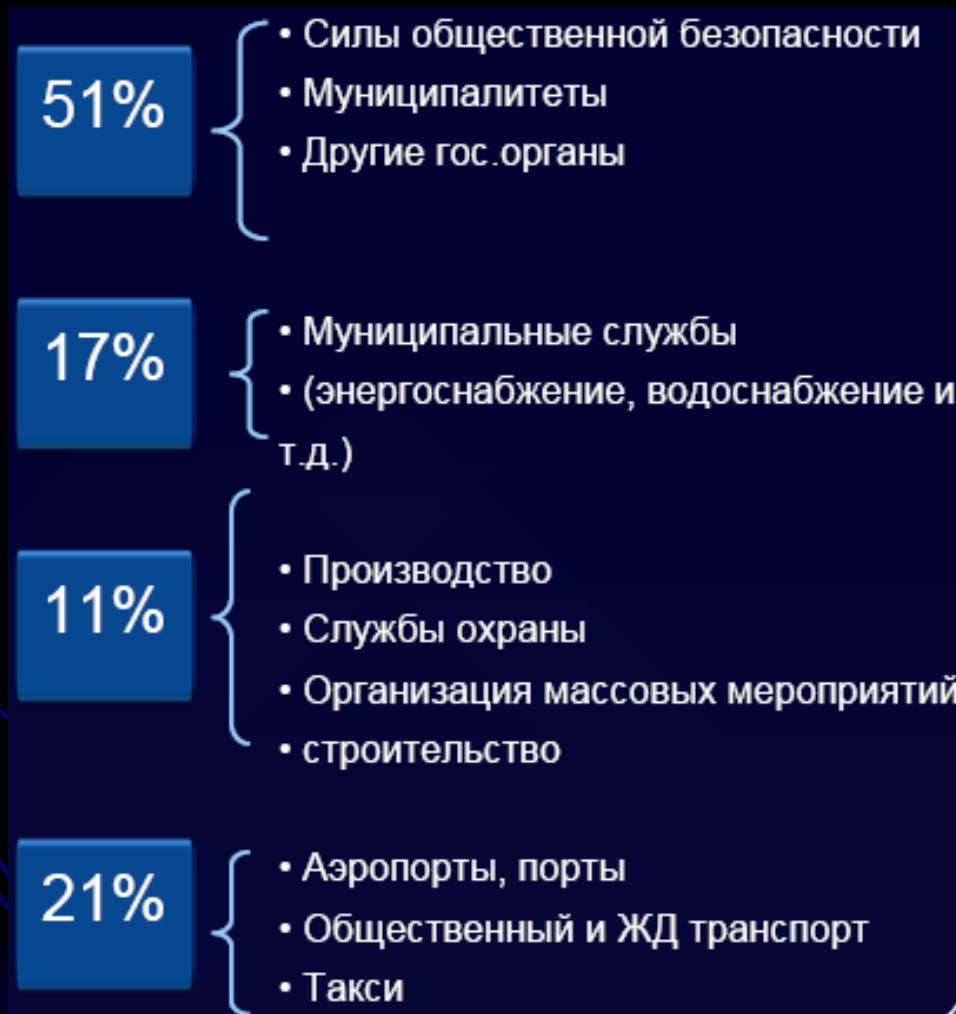


ЛЕКЦИЯ 9

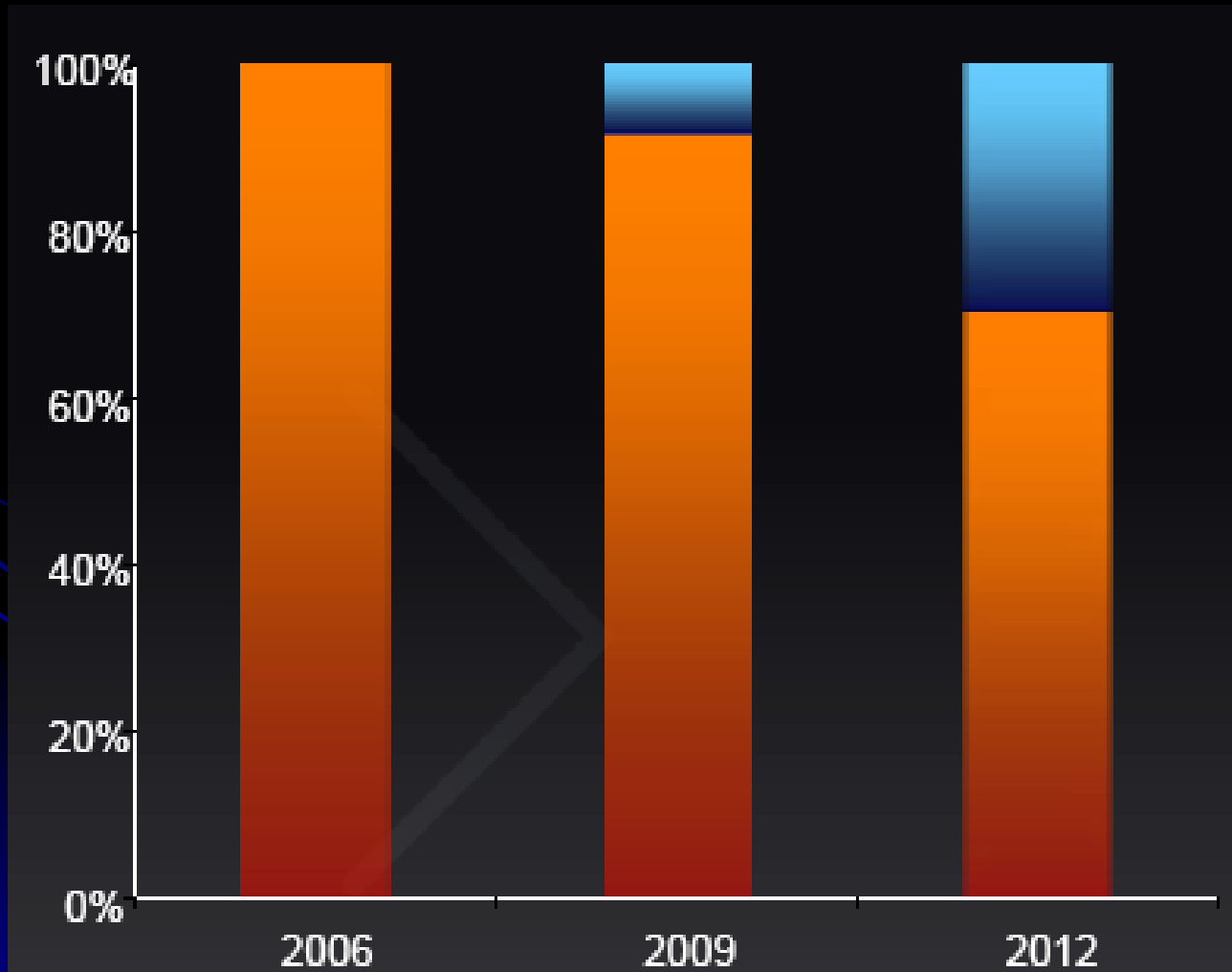
Цифровые стандарты профессиональной подвижной радиосвязи

1. Стандарт TETRA
2. Стандарт APCO 25

Профессиональная подвижная радиосвязь в СНГ (версия Моторолы)



Замена средств аналоговой связи цифровой (Европа, Африка, Ближний Восток)



1. Стандарт TETRA (Terrestrial Trunked Radio)

Разработан ETSI



Функциональные возможности

- Высокая безопасность связи (4 уровня)
- Создание разговорных групп, система приоритетов, экстренные вызовы
- Эффективное использование частот (6,25 кГц на ТФК)
- Сохранение функциональности при разрушении части сети
- Малое время установки соединения (~ 1 с)
- Возможность одновременной передачи речи и данных
- Определение местоположения объекта на местности

Режимы работы АТ

- Режим транкинговой радиосвязи (Trunked Mode Operation, ТМО) возможен, когда абонент находится в зоне действия БС. Абоненту предоставляются все возможности TETRA. Возможны: а) одновременная передача речи и данных (V+D), б) пакетная передачи данных (Packet data optimized).
- Режим прямой передачи (Direct Mode Operation, DMO) предназначен для группового взаимодействия между абонентами за пределами зоны действия БС TETRA. Связь между абонентами осуществляется в полудуплексном режиме с возможностью индивидуального или группового вызова.

Варианты логических каналов

В режиме транкинга:

- **Телефония занимает только один логический канал.**
- **Передача данных может занимать до 4 логических каналов одновременно.**
- **Речь и данные могут передаваться одновременно в различных логических каналах.**

В режиме DMO используется только один тайм-слот.

Кроме традиционного набора: индивидуальные, групповые и вещательные вызовы, приоритеты, статусные сообщения и т.п. имеются дополнительные функции:

Вызов абонента диспетчером:

Перед осуществлением запроса диспетчер проверяет возможность вызова.

Выбор области.

Определение области действия для пользователей (зона, регион).

Динамический приоритет доступа.

Абонентские радиостанции могут иметь различный приоритет доступа в течение установленного периода времени или в зависимости от загрузки системы.

Приоритет вызова: Доступ к сети распределен по приоритетам.

Поздний вход: «Опоздавшие» абоненты могут присоединяться к протекающему сеансу связи.

Приоритетный вызов с высвобождением: Вызов имеет самый высокий приоритет. Если система полностью занята, то вызов с самым низким приоритетом будет прерван.

Эквивалентен аварийному вызову в системах МРТ 1327.

Выборочное прослушивание: Уполномоченный радиоабонент может прослушивать радиопереговоры конкретных абонентов без обнаружения себя.

Прослушивание окружения: Диспетчер может включить на передачу любую радиостанцию без всякой индикации данного режима на самой радиостанции (пользователь не обнаруживает работу радиостанции на передачу).

Может использоваться, например, для прослушивания переговоров внутри захваченного автомобиля.

Динамическое перегруппирование: Позволяет диспетчеру организовывать новые группы абонентов по эфиру. Может применяться к радиостанциям находящимся в процессе сеанса связи.

Идентификация вызывающей стороны:

Индикация номера вызывающего абонента.

Идентификация вызываемой стороны:

Индикация номера вызываемого абонента.

Запрет на идентификацию вызывающей/

вызываемой стороны: Любая сторона

может запретить индикацию номера.

Сообщение о вызове: Индицирует

вызывающего абонента при связи с

другим абонентом.

Безоговорочное перенаправление вызова:
Позволяет радиоабоненту перенаправлять все вызовы другому абоненту.

Перенаправление вызова, если вызываемая абонентская станция находится в процессе связи.

Перенаправление вызова, если вызываемый радиоабонент вне зоны обслуживания или выключен.

Перенаправление вызовов без ответа.

Запрос из списка вызовов:

Входящие вызовы, оставшиеся без ответа, последовательно записываются в определенный список, из которого затем можно выбрать номер для вызова.

Краткий набор номера:

Метод сокращенного клавиатурного набора номеров из памяти.

Удержание вызова:

- Позволяет пользователю прерывать протекающую беседу и восстановить когда потребуются (например, для разговора с находящимся поблизости собеседником).

Ожидание ответа «занятого» абонента:

Входящий вызов будет ожидать до тех пор, пока абонент не освободится. Затем соединение произойдет автоматически.

Ожидание соединения с неотвечающим абонентом: Входящий вызов будет ждать, пока вызываемый абонент не сделает другой вызов. После освобождения абонента соединение произойдет автоматически.

Передача управления: Инициатор группового вызова может передать функции главной станции другому абоненту.

Индикация платы:

Информация о плате за пользование телефоном в начале, в течение или в конце вызова.

Запрет вызова:

Запрет на вызовы от пользователей согласно определенному списку.

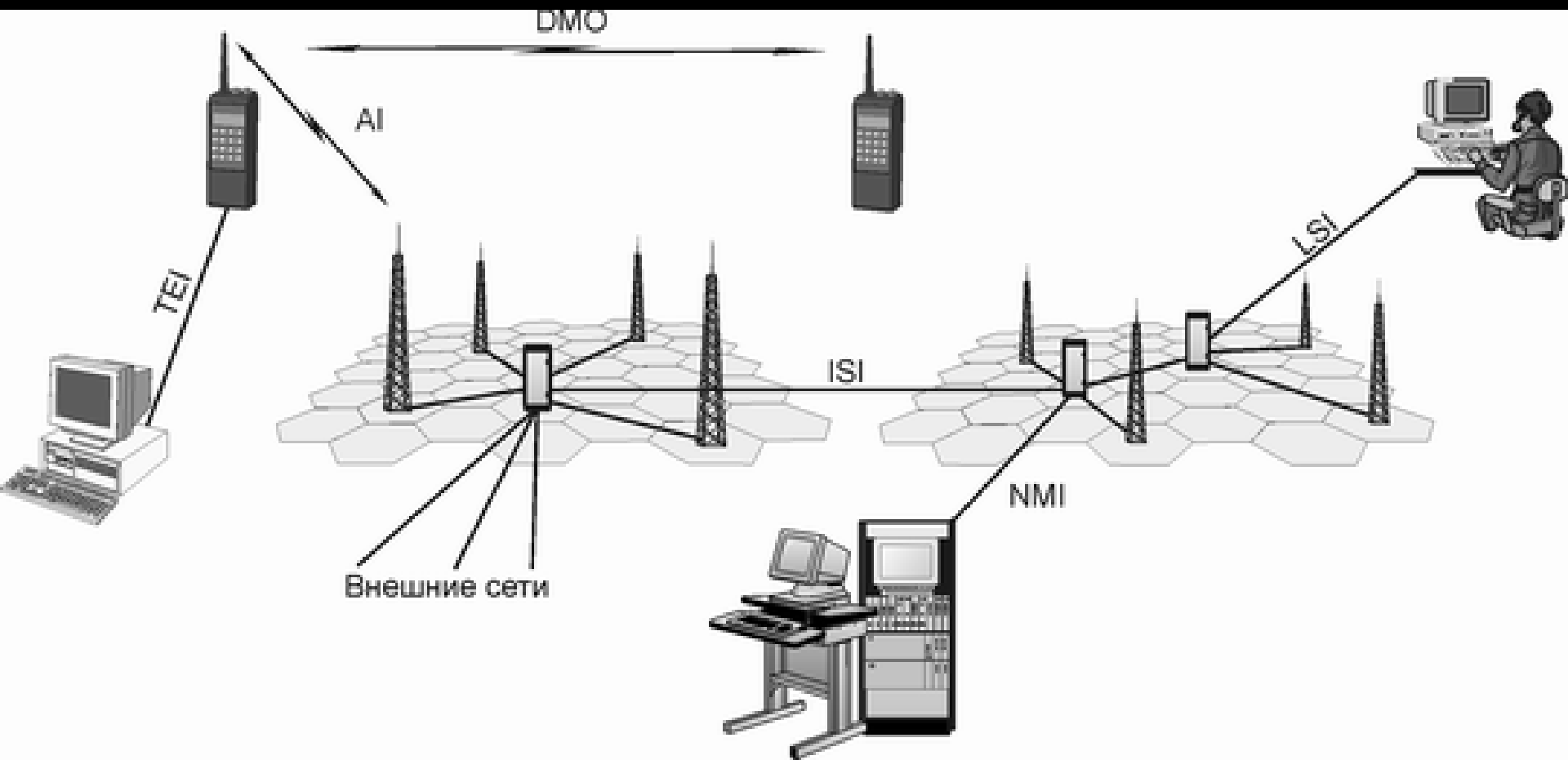
Запрет на прерывание:

Возможность запрета на прерывание сеанса связи абонентом с более высоким приоритетом.

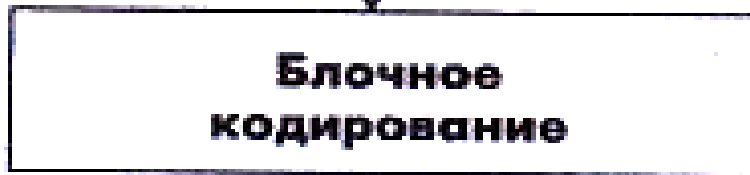
Передача данных

- Передача данных с коммутацией каналов (пакетов) со скоростью 2.4 - 28.8 кбит/с
- Передача коротких информационных и статусных сообщений (до 256 ASCII-символов).
- Режимы передачи данных: без защиты (до 7.2 кбит/с), с низким уровнем защиты (до 4.8 кбит/с) с высоким уровнем защиты (до 2.4 кбит/с). Защита информации может выполняться в абонентской аппаратуре.

Система интерфейсов



Биты типа 1 в блоках типа 1



Блочно-кодированные биты

Хвостовые биты

Биты типа 2 в блоках типа 2



Сверточно-кодированные биты

Биты типа 3 в блоках типа 3



Перемеженные биты

Биты типа 4 в блоках типа 4

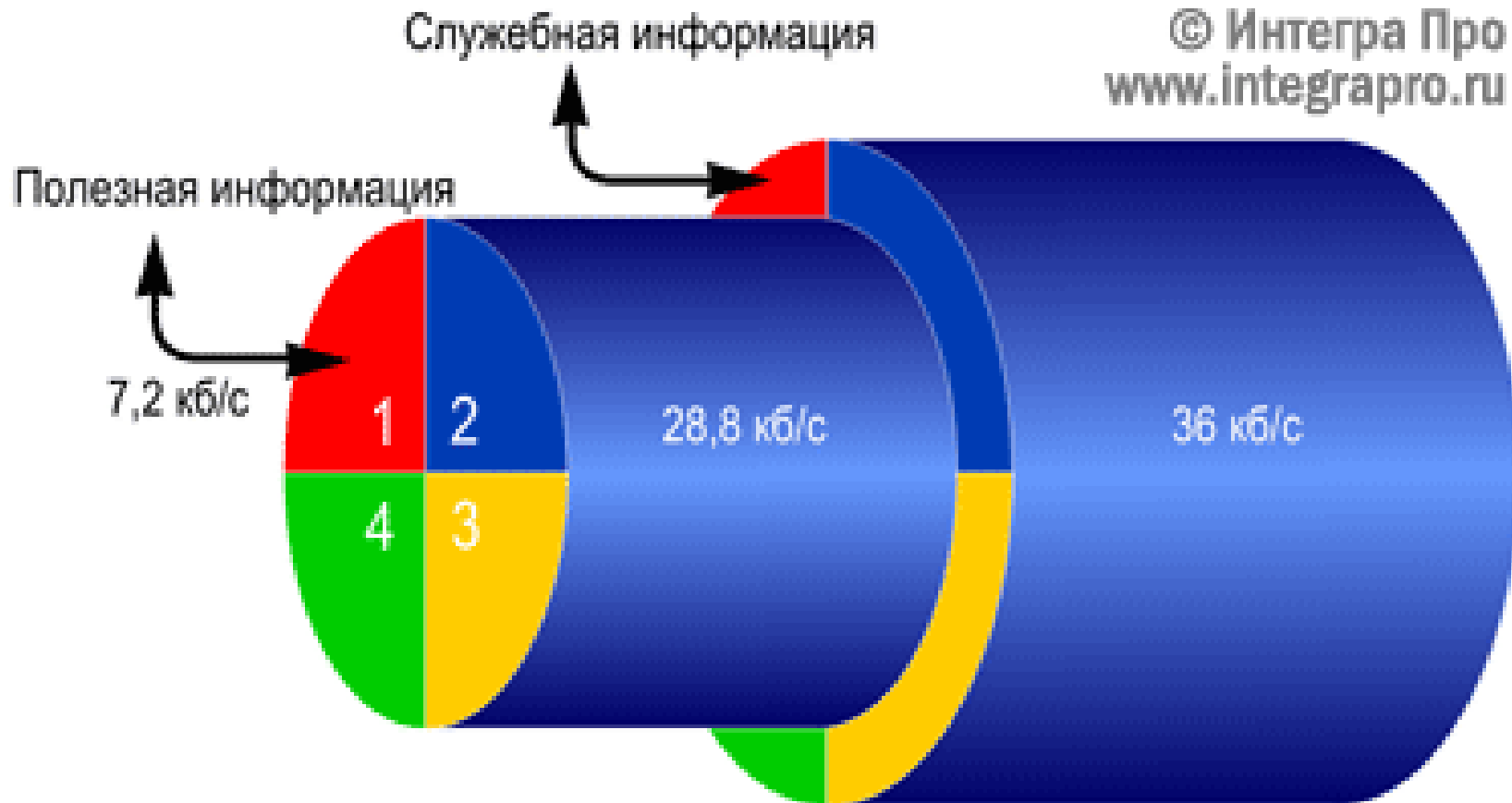


Биты типа 5 в блоках типа 5

Скремблированные биты

Канальное распределение

© Интегра Про
www.integrapro.ru



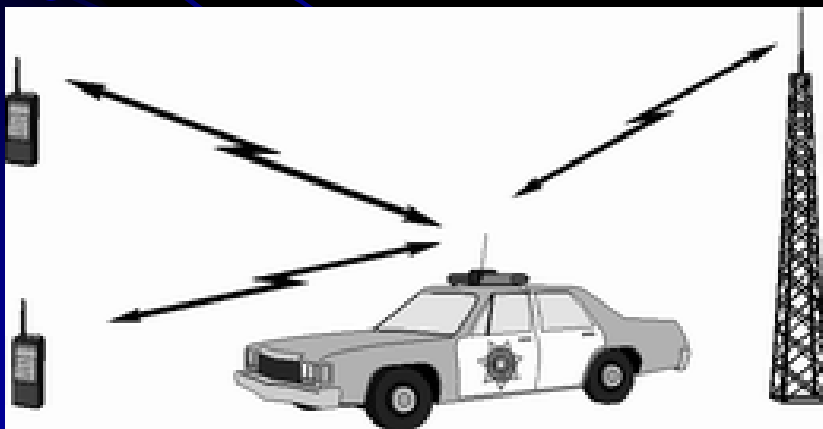
Специфические режимы работы



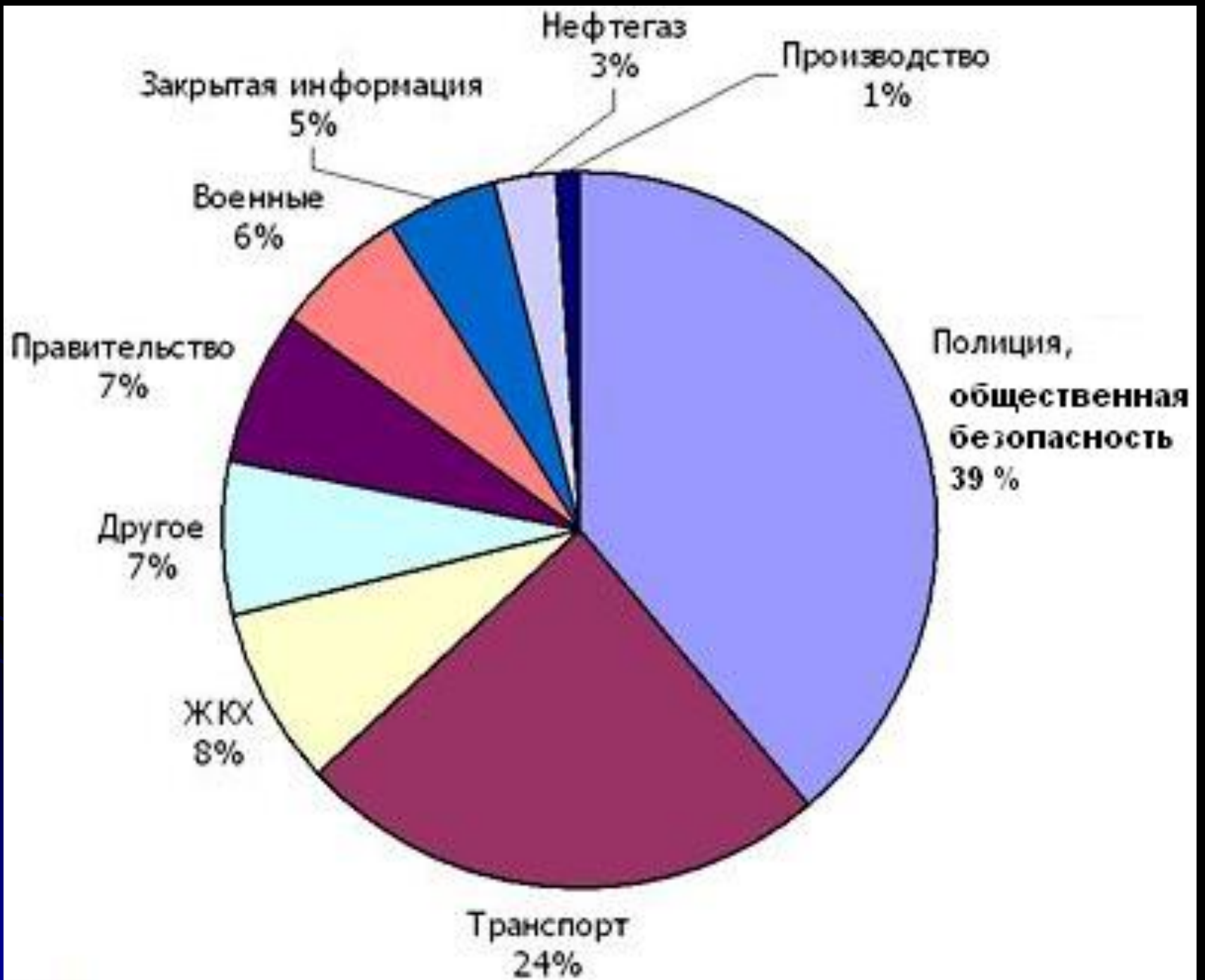
1. Режим «прямой»
связи



2. Режим «прямой»
связи через
мобильный
ретранслятор



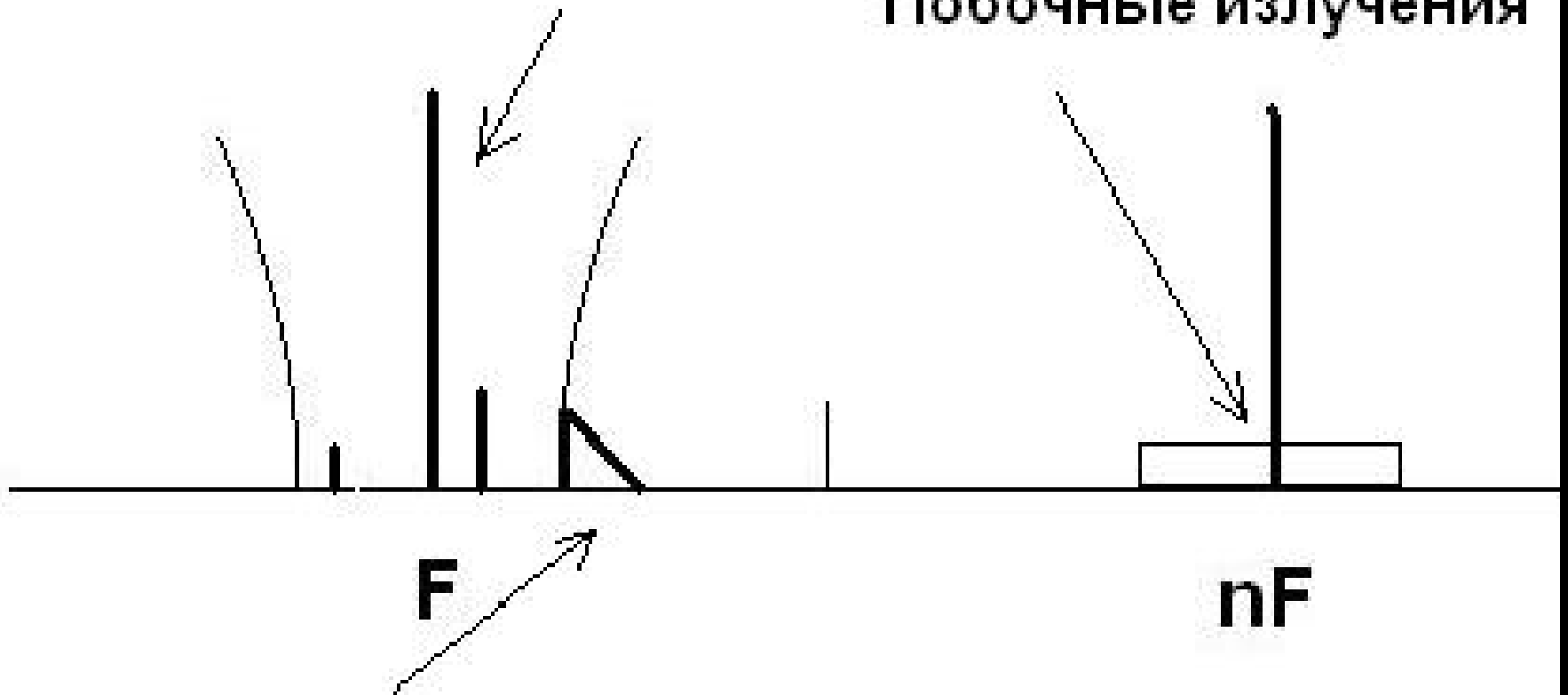
3. Режим «мобильный
ретранслятор» при
транковой связи



Классификация паразитных излучений

Интермодуляционные
искажения

Побочные излучения



Внеполосные излучения

Внеполосные излучения

Частота отстройки,
кГц

Относительный
уровень, дБ

25

-60

50

-70

75

-70

Побочные излучения

100...250

-75

250... f_{np}

-80

$> f_{np}$

-100

Характеристика	Значение
Диапазон частот возможного применения, МГц	150...900
Рекомендованная ETSI полоса частот, МГц:	
для служб безопасности, "вверх"/"вниз"	380...385/390...395
для служб общего пользования, "вверх"/"вниз"	410...430/450...470; 870...876/915...921
Дуплексный разнос, МГц	10 и более
Частотный канальный разнос, полоса на канал МДВР, кГц	25
Тип множественного доступа	МДЧР/МДВР
Количество ТК на несущей	4
Класс излучения	25K0G4D

Мощность излучения по классам ПРД, Вт:

БС, 10 классов: 1 кл./10 кл.

40/0,6

30/1,0

АТ, мобильный, 4 класса: 1 кл./4 кл.

3,0/1,0

портативный, 2 класса: 1 кл./2 кл.

Дальность доступа, км

≤ 50

Модуляция несущей:

$\pi/4$ DQPSK

скорость, кбит/с

36

ширина спектра сигнала,

25

кГц

эффективность

1,44

модуляции, бит/с/Гц

Цифровая интегрированная система Motorola Compact TETRA

Относится к классу систем стандарта TETRA с распределенным управлением. Центральный коммутатор не используется. Управление сетью осуществляется контроллерами БС. В случае отказа одной из БС работоспособность сети сохраняется. Compact TETRA является оптимальным вариантом для создания систем малого и среднего масштаба. Система обеспечивает пакетную передачу данных (PDO) и функции COPM,

подтвержденные сертификатом Минсвязи РФ. Модульный принцип конструкции в сочетании с возможностью использовать на систему в целом до 32 радиоканалов (до 128 логических каналов) предоставляет пользователям широкие возможности по гибкому конфигурированию и постепенному наращиванию системы, позволяя обеспечивать радиопокрытием большие территории.

Диапазон рабочих частот системы в России: 410-430 МГц, 450-470 МГц.

Состав оборудования

1. БС моделей CTS100 (до 2-х радиоканалов), CTS200 (до 4-х р/к), CTS300 (до 8-ми р/к) в составе: приемопередатчики; контроллер; АФУ; комбайнер и приемно-распределительное устройство; выносной МШУ; блоки питания.
2. Шлюз: к диспетчерским рабочим местам; к сетям передачи данных; к телефонным сетям.
3. Диспетчерские рабочие места для управления абонентами сети и системой; для контроля системы.

Варианты структур сетей

1. Автономно работающая БС (до 8 радиоканалов, до 2500 абонентов);
2. Однозоновая система (одна БС, до 8 каналов, до 2500 абонентов, до 8 диспетчерских рабочих мест, шлюз к сетям передачи данных и шлюз к телефонным сетям);

3. Многозоновая система: до 8 радиоканалов на одну БС/до 32 радиоканалов (до 128 логических каналов) на всю сеть, до 10000 абонентов, до 8 диспетчерских рабочих мест, шлюз к сетям передачи данных и шлюз к телефонным сетям.

БС соединяются между собой потоками E1.

Портативный комплекс "МиниКом- TETRA-Compact"

Позволяет обслуживать до 150 абонентов.

Радиус зоны обслуживания 2...7 км в зависимости от рельефа местности и плотности застройки. Время

развертывания комплекса не превышает одного часа. Габариты и вес

оборудования позволяют перевозить его, устанавливать стационарно и переносить вручную.

Состав комплекса:

- 1. мобильная антенная опора с АФУ;**
- 2. устройства выхода во внешнюю телефонную сеть в любой точке системы (на уровне коммутатора или БС);**
- 3. сервер управления с функцией регистрации переговоров;**
- 4. автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора;**
- 5. ретрансляторы радиосигнала с функцией ТМО - DМО.**

БС, сервер управления и ретрансляторы питаются от сети 220 В или от встроенных аккумуляторов. БС обеспечивает работу на 2-х частотных каналах в диапазонах 410...430 МГц или 450...470 МГц. Конструктивно БС представляет собой кейс размером 46х34х17см. Антенная опора представляет собой мачту высотой 16 м с тремя уровнями растяжек и несущей способностью 8,4 кг. Время развертывания 30 минут. Мачта в сложенном состоянии имеет длину 2 м. Общий вес опоры 65 кг. Опора с антеннами транспортируется в транспортных сумках весом 30, 15 и 20 кг.

Сервер управления представляет собой полевой компьютер, размещаемый в ударопрочном кейсе размером 62х50х22 см. Сервер управления совместно с АРМ оператора обеспечивает управление БС и АТ. Он регистрирует все переговоры в сети, отслеживает местоположение абонентов и выдает эту информацию по Ethernet или Радио-Ethernet на АРМ оператора и другие АРМы.

АРМ оператора представляет собой полевой ноутбук со специальным программным обеспечением и опцией Ethernet (Радио-Ethernet).

Ретранслятор радиосигнала расширяет зону радиопокрытия базовой станции и обеспечивает голосовые и аварийные вызовы из TMO в DMO и наоборот.

Сравнение системы TETRA с GSM

Специфические возможности TETRA:

организация связи группы пользователей (аналог радиосети);

шифрование сообщения;

приоритеты вызовов;

режимы прямой связи (структура сети ad hoc);

эффективное использование частотных ресурсов (полоса на один ТФК).

TETRA Release 2

Цели проекта:

значительное увеличение скорости
передачи данных

совершенствование межсистемного
взаимодействия и взаимодействия с **IP-**
сетями

введение большого количества
приложений

достижение сопряжения с сотовыми
сетями связи 3-го поколения.

Протокол TEDS (TETRA Enhanced Data Service) ориентирован на стандартную полосу частот физического канала связи 25 кГц и многоуровневую манипуляцию.

TAPS (TETRA Advanced Packet Service) представляет собой наложенную сеть, предназначенную для обеспечения высокоскоростной передачи пакетов данных со скоростью, примерно в 10 раз большей возможной скорости передачи в стандарте TETRA V+D первой стадии, т. е. до 200-300 кбит/с. Учитывая высокую скорость передачи данных, частоты рабочих каналов должны быть разнесены не менее чем на 200 кГц.

TETRA в России

ГК ТЕТРАСВЯЗЬ была создана в 2004 году.

ОАО «ТЕТРАСВЯЗЬ» является оператором услуг профессиональной радиосвязи стандарта TETRA, активным участником федерального проекта «ТЕТРАРУС», целью которого является развитие профессиональной радиосвязи стандарта TETRA на территории Российской Федерации.

В России начато производство оборудования стандарта TETRA.

В 2006 году ГКРЧ приняла решение об использовании полос радиочастот 412...417 МГц/422...427 МГц и 457,4...459 МГц/467,4...469 МГц для построения сетей подвижной радиосвязи стандарта ТЕТРА различного назначения на территории Российской Федерации.

Распределение диапазонов частот, МГц:

**Общ. пользован. 412...417; МВД - 450...453;
РЖД - 457,4...458,5; Энергетики -
458,5...460**

Дуплексный разнос 10 МГц

Зона профессионального присутствия ГК "Тетрасвязь" охватывает 40 регионов, более 70 городов РФ. Головной офис находится в Москве, региональные представительства - в Петербурге, Краснодаре, Нижнем Новгороде, Екатеринбурге.

Общее количество базовых станций TETRA в Петербурге 21.

Сети стандарта ТЕТРА активно применялись при организации таких масштабных мероприятий, как саммит «Группа восьми», празднование 300-летия г. Санкт-Петербурга, саммит ЕвроЗЭС, празднование 60-летия Победы в ВОВ.

Параметры сети ТЕТРА на Сочинской олимпиаде:

- 107 корпоративных групп**
- 10150 абонентов**
- 55 БС**
- 3 комм**
- Диапазон 420 МГц**
- Антенно-мачтовые сооружения высотой 78 м**

В России стандарт ТЕТРА рассматривается в качестве единого национального стандарта профессиональной подвижной радиосвязи. В Москве ТЕТРА используется службами ГИБДД, органами государственного управления, коммунальными службами, ФСО, МЧС и применяется как для предотвращения чрезвычайных ситуаций, так и в антитеррористических целях

2. Стандарт APCO 25

**Международная организация APCO
(Association of Public Safety
Communications Officials) - Ассоциация
официальных представителей служб
связи органов общественной
безопасности.**

**Разработка APCO 25 началась
в 1989 году и с 1992 года на
рынок начало поступать
оборудование Astro
фирмы Моторола.**



Историческая справка

Первым значительным событием в истории Ассоциации была разработка в конце семидесятых годов первой спецификации на системы радиосвязи – APCO 16. В рамках ее требований функционируют такие известные системы как EDACS (Ericsson), Clearchannel LTR (E.F. Johnson), SmartNet (Motorola) и ряд других. Как видно из перечня, требования стандарта не обеспечивали какой-либо совместимости ни между системами, ни между их оборудованием.

Цели проекта APCO Project 25:
эффективное использование
радиочастотного спектра;
оптимальный путь перехода от
существующих аналоговых
технологий к цифровым.

**Две фазы: ширина частотного
канала 12,5 кГц и 6,25 кГц. Разработка
APCO 25 началась в 1989 году и с 1992 года
на рынок начало поступать оборудование
Astro фирмы Моторола.**

Интерфейсы стандарта

**Цифровой и аналоговый
радиоинтерфейсы;**

Интерфейсы взаимодействия:

с терминалом передачи данных;

**с другими системами (межсистемный
интерфейс);**

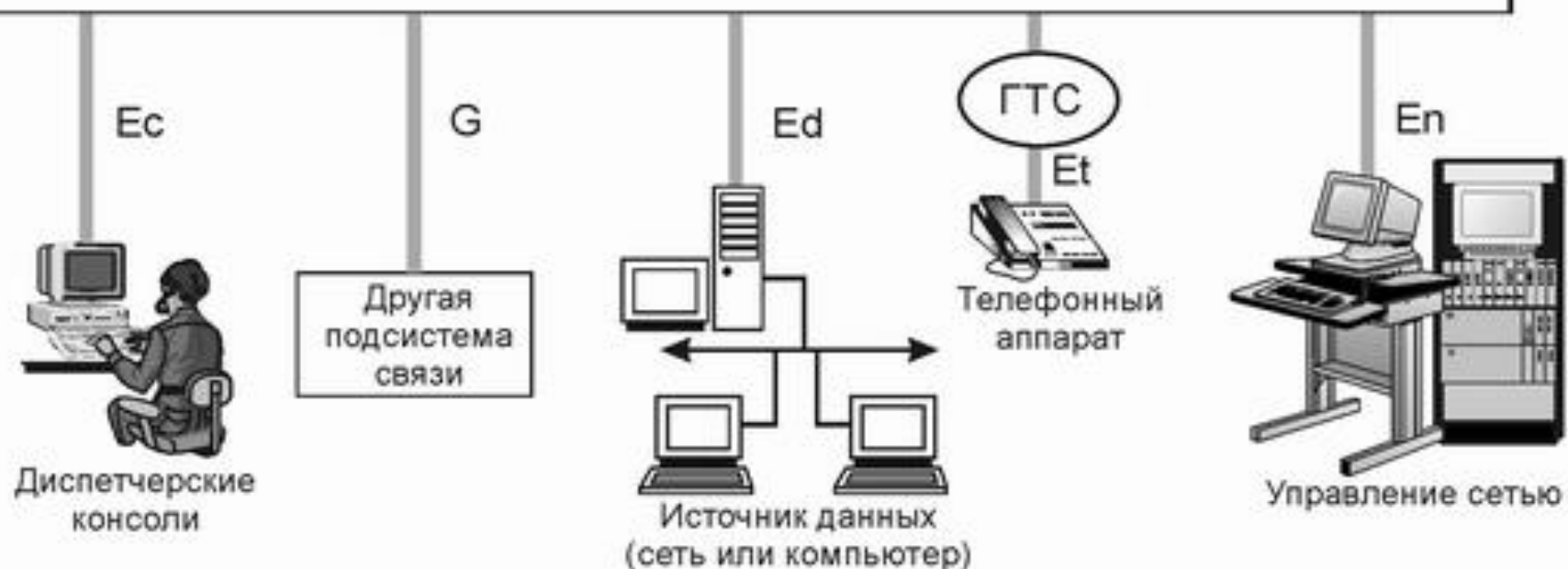
с телефонной сетью общего пользования;

с центром управления системой;

с сетью передачи данных.



Подсистема радиосвязи



Параметры радиоинтерфейса

1. При работе со старым парком – ЧМ
2. Цифровая связь (фаза 1) – четырехпозиционная частотная манипуляция по методу C4FM (Continuous 4 level FM)
3. Цифровая связь (фаза 2) - четырехпозиционная фазовая манипуляция со сглаживанием фазы по методу CQPSK (Compatible quadrature phase shift keying)

Кодером речи является вокодер IMBE™ (Improved Multi-Band Excitation), обеспечивший лучшее качество передачи голоса (по MOS) одновременно с меньшей сложностью алгоритма. Имитировались внутренние шумы движущегося с разной скоростью автомобиля, вой сирены, выстрелы, шум от движения уличного транспорта и т. п. Поток оцифрованной речи анализируется и в канал передается со скоростью 4,4 кбит/с информация для синтеза речи на приемной стороне (фрагментам речи длиной 20 мс соответствуют битовые последовательности длиной 88).

После канального кодирования скорость потока увеличивается до 7,2 кбит/сек.

Стандарт включает целый спектр разнообразных типов кодирования: перемежение, линейное блочное кодирование, коды Хэмминга, коды Гошуа, коды Рида-Соломона, коды БЧХ, укороченные циклические коды.

Затем добавляется поток служебной информации 2,4 кбит/сек. Всего 9,6 кбит/с.

Данные могут передаваться параллельно речи или используя весь поток.

При модуляции C4FM амплитуда несущей постоянна, что позволяет использовать радиотракты аналоговых радиостанций практически без изменений. Это упрощает переход аналогового оборудования на цифровой стандарт.

Фаза II направлена на удвоение эффективности использования радиочастотного спектра (канал шириной 6,25 кГц и модуляция CQPSK). Параметры амплитудно-фазовой манипуляции и фильтры обеспечивают минимальные паразитные излучения. Модуляция требует высокой линейности усилителей передатчика, детектор приемника способен принимать сигналы всех трех видов модуляции.

**Информаци
онные биты**

Символ

**С4FM
модуляция
(Фаза 1)**

**СQPSK
модуляция
(Фаза 2)**

01

+3

+1.8кГц

+135 градусов

00

+1

+0.6кГц

+45 градусов

10

-1

-0.6кГц

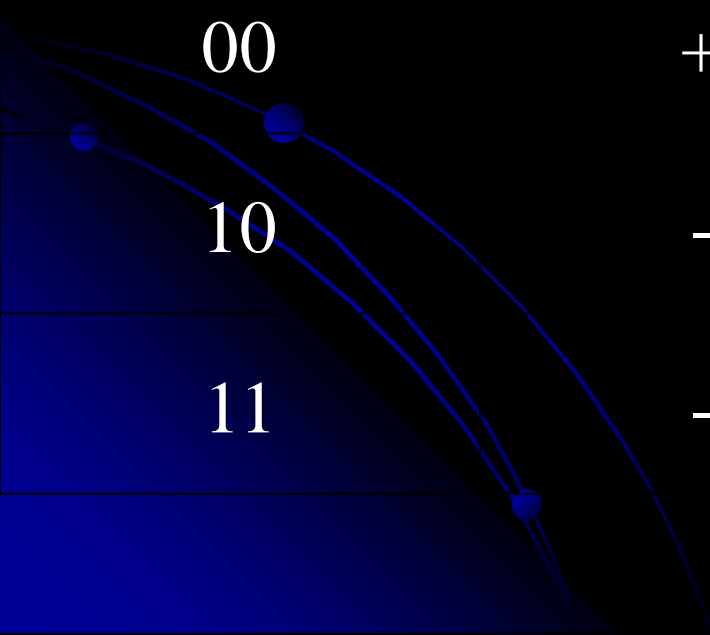
-45 градусов

11

-3

-1.8кГц

-135 градусов



Реализовано улучшение межсистемного интерфейса и реализацию двух дополнительных интерфейсов (с диспетчерской консолью и БС). Кроме этого в спецификацию были включены дополнительные функциональные возможности (передача информации о местоположении абонентов, программирование радиостанций через эфир и др.).

Выбран новый двухскоростной вокодер AMBE+2, который полностью совместим с вокодером Фазы I.

Выбран метод доступа TDMA с 2-мя временными слотами при скорости 12 кбит/сек, что эквивалентно каналу телефонии 6,25 кГц.

Полный комплект документов для производства оборудования Фазы II был опубликован в ноябре 2010 года, а в августе 2011 года года была отгружена первая в мире система ASTRO 25 производства Motorola.

Носимая радиостанция



Выходная мощность, Вт	2/4
Шаг сетки частот, кГц	12,5
Чувствительность, мкВ	0,35
Избирательность по соседнему каналу, дБ	60
Количество каналов	16
Диапазон рабочих температур, °С	-25... +55
Размеры, мм	40 x 140 x 60
Масса, кг	0,46

Возимая радиостанция

Выходная мощность, Вт	20/30
Количество каналов	100
Масса, кг	1,2



Стационарная радиостанция

Выходная мощность, Вт

20/45

Количество каналов

100

Размеры, мм

180x232x153

Масса, кг

5,0



Обобщенные технические параметры радиостанций стандарта APCO 25

Технический параметр

Значение

Частотный диапазон, МГц

136...174, 403...512, 806...870

Мощность передатчика, Вт

50; 40; 35; 5; 4

Чувствительность приемника, мкВ

0,23; 0,35

Стандарт
Разработчик

TETRA

APCO 25

ETSI

APCO

Возможный
диапазон
рабочих
частот,
МГц

138...174;
403...423;
450...470;
806...870

138...174;
406...512;
746...869

Вид
модуляции

$\pi/4$ -DQPSK

**G4FM (12,5 кГц)
CQPSK (6,25
кГц)**

Кодирование
речи,
кбит/с

**CELP
(4,8)**

**IMBE
(4,4)**

Сравнение стандартов

Существенным преимуществом сетей стандарта TETRA, в сравнении с аналоговыми системами или сетями APCO25, является функция автоматического регулирования излучаемой мощности АТ, что позволяет существенно экономить ресурсы аккумуляторных батарей, а также снизить уровень излучений вплоть до 15 дБм.

Выводы

Учитывая все возрастающую важность успешного функционирования организаций общественной безопасности разработчики открытых стандартов подвижной радиосвязи ETSI и APCO создали соответственно TETRA и APCO 25. При этом TETRA позволяет развертывать сети двойного применения. Для сетей малой и средней размерности целесообразно использовать «облегченные» версии TETRA.